



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2004 018 267 B4 2007.05.03**

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2004 018 267.1**
 (22) Anmeldetag: **15.04.2004**
 (43) Offenlegungstag: **10.11.2005**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **03.05.2007**

(51) Int Cl.⁸: **B01J 8/00 (2006.01)**
B01J 8/06 (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 2 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
MAN DWE GmbH, 94469 Deggendorf, DE

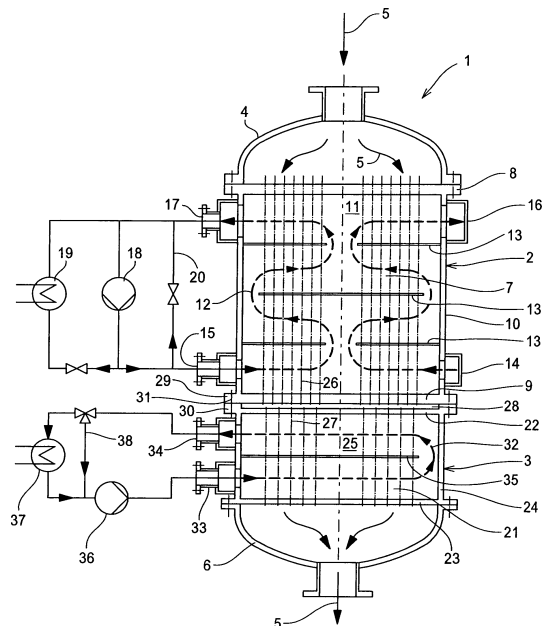
(74) Vertreter:
Boeters & Lieck, 80331 München

(72) Erfinder:
Gülthuber, Friedrich, 85579 Neubiberg, DE; Lehr, Manfred, 94469 Deggendorf, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:
DE 101 44 857 A1
US 31 47 084
WO 02/0 63 230 A1

(54) Bezeichnung: **Reaktorordnung zur Durchführung katalytischer Gasphasenreaktionen**

(57) Hauptanspruch: Reaktorordnung zur Durchführung katalytischer Gasphasenreaktionen, mit einem Mantelrohrreaktor, der ein von einem Mantel umgebenes Rohrbündel mit einer Anzahl katalysatorgefüllter Reaktionsrohre aufweist, wobei das Reaktionsrohrbündel senkrecht zur Längsachse der Reaktionsrohre eine berohrte Querschnittsfläche belegt, und mit einem separaten, direkt nachgeschalteten Nachkühler, der ein von einem Mantel umgebenes Rohrbündel mit Kühlrohren aufweist, deren Anzahl geringer ist als die der Reaktionsrohre, wobei das Kühlrohrbündel senkrecht zur Längsachse der Kühlrohre ebenfalls eine berohrte Querschnittsfläche belegt, dadurch gekennzeichnet, daß die berohrte Querschnittsfläche (27) im Nachkühler (3) im wesentlichen deckungsgleich ist mit der (26) im Mantelrohrreaktor (2) und daß beide berohrte Querschnittsflächen (26, 27) in eine Vielzahl paarweise einander gegenüberliegender und paarweise gleich großer Teilflächen (39, 40) mit im wesentlichen gleichem Verhältnis von Durchströmungsquerschnitt der Kühlrohre (21) zum Durchströmungsquerschnitt der Reaktionsrohre (7) unterteilbar sind.



Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf eine Reaktorordnung zur Durchführung katalytischer Gasphasenreaktionen, mit einem Mantelrohrreaktor, der ein von einem Mantel umgebenes Rohrbündel mit einer Anzahl katalysatorgefüllter Reaktionsrohre aufweist, wobei das Reaktionsrohrbündel senkrecht zur Längsachse der Reaktionsrohre eine bohrte Querschnittsfläche belegt, und mit einem separaten, direkt nachgeschalteten Nachkühler, der ein von einem Mantel umgebenes Rohrbündel mit Kühlrohren aufweist, deren Anzahl geringer ist als die der Reaktionsrohre, wobei das Kühlrohrbündel senkrecht zur Längsachse der Kühlrohre ebenfalls eine bohrte Querschnittsfläche belegt. Die Erfindung bezieht sich auch auf die Verwendung einer solchen Reaktorordnung zur Durchführung unterschiedlichster katalytischer Gasphasenreaktionen.

[0002] Bei vielen Gasphasenreaktionen ist es wichtig, daß nach Beendigung der gewünschten Reaktion weitere Reaktionen schnell unterbunden werden, damit unerwünschte Nebenreaktionen nicht stattfinden. Eine Möglichkeit hierfür ist ein schnelles Abkühlen des Reaktionsgases in einem Nachkühler mittels Kühlrohren. Die Kühlrohre enthalten entweder einen Leerraum oder eine inerte Füllung, die aus geordneten Packungen, Spiralen oder beliebigen Füllkörpern bestehen kann.

[0003] Es ist bekannt, z.B. aus US 3,147,084 oder DE 101 44 857 A1, die Reaktionsrohre durch eine Trennplatte hindurch als Kühlrohre in eine Nachkühlzone bzw. in einen Nachkühler hinein zu verlängern. In einer in US 3,147,084 u.a. vorgeschlagenen Ausführungsform ist der Nachkühler als separater Apparat ausgeführt und an den Reaktor angeflanscht. Die Rohrenden der Reaktionsrohre und der Kühlrohre liegen einander direkt und mit geringem Abstand gegenüber, wobei die Rohrenden auch konisch verjüngt bzw. erweitert und ineinander geschoben sein können. Wie bei der Ausführungsform mit den kontinuierlich in den Nachkühler hinein verlängerten Reaktionsrohren sind auch bei dieser Ausführungsform die Anzahl der Reaktionsrohre und die der Kühlrohre gleich. Da die Anzahl der Kühlrohre der Anzahl der Reaktionsrohre entspricht, sind die Möglichkeiten des Nachkühlerdesigns eingeschränkt. So ist beispielsweise die Anpassung an unterschiedliche Wärmeträger, wie z.B. an drucklosen Betrieb auf der Mantelseite bei flüssigem Salz oder an Druckbetrieb auf der Mantelseite bei Verdampfungskühlung mit Wasser, nicht in optimaler Weise möglich. Insbesondere können Einrichtungen für die Strömungsführung des Wärmeträgers, die den Wirkungsgrad der Reaktorordnung wesentlich beeinflusst, zwischen den Kühlrohren nicht immer in der jeweils geeigneten

Weise angeordnet oder ausgebildet werden. In den Kühlrohren kommt es erfahrungsgemäß verstärkt zu Ablagerungen. Zwar sind die Kühlrohre in der angeflanschten Ausführungsform des Nachkühlers leicht zugänglich, jedoch ist die Reinigung der Kühlrohre an sich zeit- und arbeitsaufwendig.

[0004] Eine Reaktorordnung der eingangs genannten Art ist in der WO 02/063230 A1 beschrieben. Bei der dort vorgeschlagenen Reaktorordnung ist die Anzahl der Kühlrohre geringer als die Anzahl der Reaktionsrohre und der Manteldurchmesser des Nachkühlers kleiner als der Manteldurchmesser des Reaktors. Der Nachkühler ist mit dem Mantelrohrreaktor einstückig verbunden. Nachteilig bei dieser vorbekannten Reaktorordnung ist, daß die Strömungswege von den Reaktionsrohren zu den Kühlrohren von der Mitte des Reaktions- bzw. des Kühlrohrbündels zu deren Rändern hin größer werden und daher am Rand relativ lang und insgesamt deutlich unterschiedlich sind. Die längeren Strömungswege von den radial außenliegenden Reaktionsrohren zu den radial außenliegenden Kühlrohren verlangsamen die Abkühlung des Reaktionsgasgemisches. Darüber hinaus führt die über den Rohrbündelquerschnitt unterschiedliche Reaktionsgasabkühlung zu einer ungleichmäßigen Belastung der Kühlrohre, was wiederum zu mehr Ablagerungen in den Kühlrohren führt. Durch die integrale Ausbildung des Nachkühlers, der durch eine Schweißverbindung fest mit dem Reaktor verbunden ist, ist diese Reaktorordnung wartungsunfreundlich, was in Verbindung mit der Tendenz zur Erzeugung von mehr Ablagerungen einen sehr hohen Reinigungsaufwand mit sich bringt.

Aufgabenstellung

[0005] Demgegenüber liegt die Aufgabe der vorliegenden Erfindung darin, eine gattungsgemäße Reaktorordnung so zu verbessern, daß ein für die jeweiligen Anforderungen optimales Nachkühlerdesign weniger Beschränkungen unterworfen ist und dabei die Reinigungskosten verringert werden.

[0006] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe bei einer Reaktorordnung der eingangs genannten Art dadurch gelöst, daß die bohrte Querschnittsfläche im Nachkühler im wesentlichen deckungsgleich ist mit der im Mantelrohrreaktor und daß beide bohrte Querschnittsflächen in eine Vielzahl paarweise einander gegenüberliegender und paarweise gleich großer Teilflächen mit im wesentlichen gleichem Verhältnis von Durchströmungsquerschnitt der Kühlrohre zum Durchströmungsquerschnitt der Reaktionsrohre unterteilbar sind.

[0007] Die Unteransprüche geben davon ausgehend vorteilhafte Ausgestaltungsmöglichkeiten an.

[0008] Die Nebenansprüche geben Verwendungs-

möglichkeiten an.

[0009] Durch die erfindungsgemäßen Maßnahmen wird das Design des Nachkühlers weitgehend unabhängig von dem des Reaktors und infolge der so eröffneten konstruktiven Gestaltungsmöglichkeiten in jedem Fall eine schnelle und gleichmäßige Abkühlung des Reaktionsgases erzielt, wobei auch noch die Reinigungskosten gesenkt werden. Da die behrten Querschnittsflächen von Nachkühler und Mantelrohrreaktor im wesentlichen deckungsgleich sind bei verringerter Kühlrohranzahl gegenüber der Reaktionsrohranzahl, können die Rohrordnung, die Rohrteilung, die Rohrabmessungen und die Wärmeträgermenge in weiten Bereichen variiert werden und mit Art und Verlauf von Einrichtungen für die Stromführung des Wärmeträgers, die in den Gassen zwischen den Kühlrohren angeordnet sind, im Hinblick auf die jeweilige Verwendung der Reaktorordnung optimal abgestimmt werden. In den paarweise einander gegenüberliegenden und paarweise gleich großen Teilflächen der behrten Querschnittsflächen von Reaktor und Nachkühler sollen die auf jedes Teilflächen-Paar entfallenden Durchströmungsquerschnitte der Kühlrohre zu den Durchströmungsquerschnitten der Reaktionsrohre jeweils im in etwa gleichen Größenverhältnis stehen. Hierdurch werden die Strömungswege des Reaktionsgases vom Reaktionsrohr zum nächstgelegenen Kühlrohr relativ kurz und im wesentlichen gleich lang, so daß das Reaktionsgas über den Querschnitt des Reaktors bzw. Nachkühlers schnell und gleichmäßig abkühlt. Die im wesentlichen gleich langen Strömungswege bewirken eine im wesentlichen gleichmäßige Durchströmung bzw. Belastung aller Kühlrohre über die behrte Querschnittsfläche des Nachkühlers. Dadurch wird die Gefahr von unerwünschten Nachreaktionen deutlich verringert, was die Ablagerungen in den Kühlrohren beträchtlich reduziert und damit längere Reinigungsintervalle ermöglicht. Somit verringert sich der Anteil der Reinigungskosten an den Betriebskosten.

[0010] Für eine schnelle Abkühlung des Reaktionsgases ist in erster Linie ein guter Wärmeübergang sowohl auf der Gas- als auch auf der Wärmeträgerseite notwendig. Dieser Wärmeübergang wiederum ist abhängig von der Art der Strömungsführung und im wesentlichen von der Höhe der Strömungsgeschwindigkeit des Reaktionsgases einerseits und des Wärmeträgers andererseits. Hinsichtlich der Strömungsgeschwindigkeit des Wärmeträgers ist zu berücksichtigen, daß mit steigender Strömungsgeschwindigkeit auch der Druckverlust steigt. Die erfindungsgemäßen Merkmale führen zu einer Optimierung dieser gegenläufigen Effekte, wobei das Reaktionsgas verzögerungsfrei und schnell abgekühlt wird.

Ausführungsbeispiel

[0011] Die Erfindung wird nachfolgend anhand der

Zeichnungen beispielshalber noch näher erläutert. Es zeigen:

[0012] [Fig. 1](#) in schematischer Darstellung einen Längsschnitt durch eine erste Ausführungsform in einer erfindungsgemäßen Reaktorordnung;

[0013] [Fig. 2a](#) einen Teil-Längsschnitt durch das Reaktionsrohrbündel und das Kühlrohrbündel einer zweiten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Reaktorordnung, längs Linie IIa-IIa in [Fig. 2b](#), wobei der Abstand der Reaktionsrohre aus Gründen der Übersichtlichkeit vergrößert dargestellt ist;

[0014] [Fig. 2b](#) einen Teil-Querschnitt längs Linie IIb-IIb in [Fig. 2a](#);

[0015] [Fig. 3a](#) einen Längsschnitt durch einen Nachkühler einer dritten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Reaktorordnung, längs Linie IIa-IIIa in [Fig. 3b](#);

[0016] [Fig. 3b](#) einen Querschnitt längs Linie IIIb-IIIb in [Fig. 3a](#);

[0017] [Fig. 4a](#) einen Längsschnitt durch einen Nachkühler einer vierten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Reaktorordnung, längs Linie IVa-IVa in [Fig. 4b](#);

[0018] [Fig. 4b](#) einen Querschnitt längs Linie IVb-IVb in [Fig. 4a](#);

[0019] [Fig. 5a](#) einen Längsschnitt durch einen Nachkühler einer fünften Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Reaktorordnung, längs Linie Va-Va in [Fig. 5b](#);

[0020] [Fig. 5b](#) einen Querschnitt längs Linie Vb-Vb in [Fig. 5a](#);

[0021] [Fig. 6a](#) einen Längsschnitt durch einen Nachkühler einer sechsten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Reaktorordnung, längs Linie VIa-VIa in [Fig. 6b](#) oder [Fig. 6c](#);

[0022] [Fig. 6b](#) eine Ansicht des Nachkühlers aus [Fig. 6a](#), längs Linie VIb,c-VIb,c;

[0023] [Fig. 6c](#) eine Ansicht des Nachkühlers aus [Fig. 6a](#), längs Linie VIb,c-VIb,c, mit einem alternativen Verlauf eines Strömungsleitbleches für den Wärmeträger;

[0024] [Fig. 7a](#) einen Längsschnitt durch einen Nachkühler einer siebten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Reaktorordnung, längs Linie VIa-VIIa in [Fig. 7b](#);

[0025] [Fig. 7b](#) einen Querschnitt längs Linie VI-

Ib-VIIb in [Fig. 7a](#);

[0026] [Fig. 8](#) einen Längsschnitt durch einen Nachkühler einer achten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Reaktorordnung;

[0027] [Fig. 9a](#) einen Querschnitt durch einen Nachkühler einer neunten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Reaktorordnung;

[0028] [Fig. 9b](#) ein Detail aus [Fig. 9a](#) in vergrößertem Maßstab;

[0029] [Fig. 10a](#) einen Querschnitt durch einen Nachkühler einer zehnten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Reaktorordnung;

[0030] [Fig. 10b](#) ein Detail aus [Fig. 10a](#) in vergrößertem Maßstab;

[0031] [Fig. 11a](#) in schematischer Darstellung eine Teilansicht einer erfindungsgemäßen Reaktorordnung, wobei der Nachkühler mit dem Mantelrohrreaktor lösbar verbunden ist und eine Vorrichtung zum Absenken und Anheben des Nachkühlers vorgesehen ist; und

[0032] [Fig. 11b](#) eine der [Fig. 11a](#) ähnliche Ansicht, mit einer zweiten Ausführungsform einer Vorrichtung zum Absenken und Anheben des Nachkühlers.

[0033] Die dargestellten Ausführungsbeispiele erfindungsgemäßer Reaktorordnungen 1 weisen einen Mantelrohrreaktor 2 und einen diesem direkt nachgeschalteten Nachkühler 3 auf. Über eine Gaseintrittshaube 4 wird das Reaktionsgas 5 in den Mantelrohrreaktor 2 eingeleitet. Nach Durchströmung des Mantelrohrreaktors 2 und des Nachkühlers 3 wird das Reaktionsgas 5 mittels einer Gasaustrittshaube 6 aus der Reaktorordnung 1 abgeleitet.

[0034] Der Mantelrohrreaktor 2 ([Fig. 1](#)) enthält eine Vielzahl bzw. ein Bündel katalysatorgefüllter Reaktionsrohre 7, die sich zwischen einem oberen Rohrboden 8 und einem unteren Rohrboden 9 vertikal erstrecken und von einem zylindrischen Mantel 10 umschlossen sind. An beiden Enden der Reaktionsrohre 7 sind deren Außenseiten mit dem jeweiligen Rohrboden 8, 9 gasdicht verschweißt. Im Zentrum des Reaktionsrohrbündels 7 ist ein rohrfreier Bereich 11 ausgebildet.

[0035] Die Reaktionsrohre werden von einem Wärmeträger 12 umspült, der auf unterschiedlichen Strömungswegen durch das Reaktionsrohrbündel 7 geführt werden kann. Der in [Fig. 1](#) dargestellte Mantelrohrreaktor 2 ist, wie die meisten Mantelrohrreaktoren, als Radialstromreaktor ausgeführt. Der Mantelrohrreaktor 2 ist in der Strömungsführung des Wärmeträgers jedoch nicht eingeschränkt.

[0036] Quer zur Längsrichtung der Reaktionsrohre erstrecken sich im in [Fig. 1](#) dargestellten Ausführungsbeispiel abwechselnd ring- und scheibenförmige Umlenkleche 13, um den Wärmeträgerstrom mänderförmig in jeweils radialer Richtung von außen nach innen und umgekehrt durch das Reaktionsrohrbündel 7 zu führen. Im unteren Endbereich des Mantels 10 ist auf dessen Außenseite eine Ringleitung 14 mit einem Eintrittsstutzen 15 angeordnet, durch die bzw. den hindurch ein Wärmeträger 12 – z. B. flüssiges Salz – in den Mantelrohrreaktor 2 eingeleitet wird. Im oberen Endbereich des Mantels 10 ist auf dessen Außenseite eine zweite Ringleitung 16 mit einem Austrittsstutzen 17 ausgebildet, durch die bzw. den hindurch der Wärmeträger 12 nach Durchströmung des Reaktionsrohrbündels 7 aus dem Mantelrohrreaktor 2 abgeleitet wird. Der Wärmeträger 12 wird mittels einer Umwälzeinrichtung 18 mit der gewünschten Umwälzmenge bzw. Strömungsgeschwindigkeit und mittels einer Kühl- bzw. Heizeinrichtung 19 mit der gewünschten Temperatur in dem Wärmeträgerkreislauf umgewälzt. Des Weiteren ist eine Bypass-Leitung 20 vorgesehen.

[0037] Der Nachkühler 3 weist eine Vielzahl bzw. ein Bündel Kühlrohre 21 auf, deren Anzahl geringer ist als die Anzahl der Reaktionsrohre 7. Die Kühlrohre 21 erstrecken sich von einem oberen Nachkühler-Rohrboden 22 vertikal zu einem unteren Nachkühler-Rohrboden 23 und sind von einem zylindrischen Nachkühler-Mantel 24 umschlossen. An beiden Enden der Kühlrohre 21 sind deren Außenseiten mit dem jeweiligen Nachkühler-Rohrboden 22, 23 gasdicht verschweißt. Die Kühlrohre 21 sind entweder leer oder weisen katalysatorfreie turbulenz erzeugende Einbauten auf, wie z.B. geordnete Packungen, Spiralen oder Füllkörper beliebiger Art.

[0038] Das Kühlrohrbündel 21 weist einen mittigen inneren rohrfreien Bereich 25 auf, dessen Querschnittsabmessungen in etwa denen des rohrfreien Bereichs 11 des Mantelrohrreaktors 2 entsprechen. Der Außendurchmesser des Kühlrohrbündels 21 entspricht im wesentlichen dem Außendurchmesser des Reaktionsrohrbündels 7. Daher sind die von dem Reaktionsrohrbündel 7 senkrecht zur Längsachse der Reaktionsrohre belegte berohrte Querschnittsfläche 26 und die von dem Kühlrohrbündel 21 senkrecht zur Längsachse der Kühlrohre belegte berohrte Querschnittsfläche 27 im wesentlichen deckungsgleich, wobei jedoch die Anzahl der Kühlrohre geringer ist als die Anzahl der Reaktionsrohre und daher die radialen Randbereiche des Reaktionsrohrbündels 7 und des Kühlrohrbündels 21 einen radialen Versatz zueinander aufweisen. Dieser radiale Versatz bzw. radiale Überstand der berohrten Querschnittsfläche 26 im Mantelrohrreaktor 2 über die berohrte Querschnittsfläche 27 im Nachkühler 3 beträgt bis zu etwa $(T_2 - T_1)/2$, wobei T_1 die Rohrteilung der Reaktionsrohre 7 und T_2 die Rohrteilung der Kühlrohre 21 dar-

stellt.

[0039] Aufgrund der geringeren Kühlrohranzahl werden auch die Herstellungskosten verringert, da insgesamt eine geringere Rohrlänge, eine geringere Anzahl von Bohrungen und verminderte Arbeitszeiten für Montage, Einschweißung und Prüfungen erforderlich werden.

[0040] Zwischen dem unteren Rohrboden **9** des Mantelrohrreaktors **2** und dem oberen Rohrboden **22** des Nachkühlers **3** ist ein Gassammel- bzw. Gasübertrittsraum **28** angeordnet, in dem das Reaktionsgas **5** aus den Reaktionsrohren **7** austritt und in die Kühlrohre **21** eintritt.

[0041] Der untere Rohrboden **9** des Mantelrohrreaktors **2** und der obere Rohrboden **22** des Nachkühlers **3** sind jeweils radial nach außen über die Mäntel hinaus verlängert, um als Flansch **29**, **30** zu dienen. Die Flansche sind miteinander verschraubt **31**.

[0042] Das Kühlrohrbündel **21** wird in einem von dem Wärmeträgerkreislauf des Mantelrohrreaktors **2** unabhängigen Wärmeträgerkreislauf von einem Wärmeträger **32** quer durchströmt.

[0043] Durch einen vom Mantelrohrreaktor **2** unabhängigen Wärmeträgerkreislauf für den Nachkühler **3** läßt sich die Temperatur des Nachkühlers **3** flexibel einstellen.

[0044] Der Nachkühler **3** ist ebenso wie der Mantelrohrreaktor **2** in der Strömungsführung des Wärmeträgers **32** nicht eingeschränkt. Auch der Nachkühler **3** kann vom Wärmeträger **32** mit entsprechenden scheibenförmigen und ringförmigen Umlenklechen radial durchströmt werden.

[0045] Ein besonderer Vorteil wird jedoch erreicht, wenn der Nachkühler **3** quer durchströmt wird, unabhängig davon ob bzw. auch wenn der Mantelrohrreaktor **2** – wie in [Fig. 1](#) dargestellt – radial durchströmt wird.

[0046] Während beim radial durchströmten Rohrbündel die Anströmung über den gesamten Umfang des Rohrbündels erfolgt, ist die Anströmfläche bei Querdurchströmung deutlich geringer. Dabei wird trotzdem das gesamte Rohrbündel durchströmt. Eine kleinere Anströmfläche bedeutet jedoch eine höhere Strömungsgeschwindigkeit und damit einhergehend einen verbesserten mantelseitigen Wärmeübergang.

[0047] Durch die Querströmung können die außenliegenden Ringleitungen ganz oder teilweise wegfallen. Statt dessen wird der Wärmeträger **32** durch innen im Ringraum zwischen Kühlrohrbündel **21** und Nachkühler-Mantel **24** liegende und gegebenenfalls in das Kühlrohrbündel **21** hineinragende Strömungs-

leit- und Strömungsverteileranordnungen, die auch als Sammel- und/oder als Mischeinrichtungen ausgebildet sein können, auf das Kühlrohrbündel **21** verteilt.

[0048] Im unteren Endbereich des Nachkühler-Mantels **24** ist ein Eintrittsstutzen **33** und im oberen Endbereich ein Austrittsstutzen **34** für den Wärmeträger **32** vorgesehen. In vertikaler Richtung zwischen dem Eintritts- und dem Austrittsstutzen **33**, **34** ist in halber Höhe des Nachkühlers **3** ein Umlenklech **35** an der Seite des Nachkühler-Mantels **24** innen befestigt, an der auf der Außenseite der Eintritts- und der Austrittsstutzen **33**, **34** befestigt sind. Das Umlenklech **35** erstreckt sich horizontal durch das gesamte Kühlrohrbündel **21** hindurch und teilt es so in zwei Abschnitte, wodurch der Wärmeträger **32** vom Eintrittsstutzen **33** kommend den gesamten Querschnitt des Rohrbündels **21** im ersten Abschnitt durchströmt und nach seiner Umlenkung zum Austrittsstutzen **34** hin wiederum den gesamten Querschnitt des Kühlrohrbündels **21** im zweiten Abschnitt durchströmt. Eine zweite Umwälzeinrichtung **36** und eine zweite Kühl- bzw. Heizeinrichtung **37** fördern den Wärmeträger **32** mit der gewünschten Umwälzmenge und der gewünschten Temperatur durch den Nachkühler **3**. Auch hier ist eine Bypass-Leitung **38** vorgesehen.

[0049] In dem in den [Fig. 2a](#) und [Fig. 2b](#) ausschnittsweise dargestellten Ausführungsbeispiel eines Reaktionsrohrbündels **7** und eines Kühlrohrbündels **21** sind jedem Kühlrohr vier Reaktionsrohre zugeordnet, so daß die Kühlrohranzahl ein Viertel der Reaktionsrohranzahl beträgt. Die Anordnung der Reaktionsrohre **7** und der Kühlrohre **21** kann den jeweiligen Erfordernissen entsprechend beliebig angepaßt werden. Das hier dargestellte Ausführungsbeispiel ist nur eines von vielen möglichen.

[0050] Die Kühlrohre **21** sind jeweils in etwa mittig unter einer rautenförmig angeordneten Reaktionsrohr-Vierergruppe **39** angeordnet, so daß der Strömungsweg von jedem dieser vier Reaktionsrohre **7** zum darunter angeordneten Kühlrohr **21** im wesentlichen gleich ist. Das Reaktionsrohrbündel **7** läßt sich auf diese Weise in eine Vielzahl nebeneinander angeordneter rautenförmiger Reaktionsrohr-Vierergruppen bzw. entsprechender Teilflächen **39** unterteilen, die jeweils einem unter ihm angeordneten Kühlrohr **21** zugeordnet sind, das in jeweiligen Teilflächen **40** liegt, in die die berohrte Querschnittsfläche **27** des Kühlrohrbündels **21** unterteilt werden kann. Die das Kühlrohr enthaltende Teilfläche **40** des Kühlrohrbündels **21** und die die Reaktionsrohr-Vierergruppe enthaltende Teilfläche **39** des Reaktionsrohrbündels **7** liegen einander jeweils paarweise gegenüber und sind paarweise gleich groß und gleich geformt. Die Teilflächen-Paare **39**, **40** weisen jeweils denselben Durchströmungsquerschnitt bzw. lichten Querschnitt des Kühlrohrs **21** und ebenso denselben Durchströ-

mungsquerschnitt bzw. lichten Querschnitt der Reaktionsrohre 7 und somit jeweils das gleiche Größenverhältnis von Durchströmungsquerschnitt der Kühlrohre 21 zum Durchströmungsquerschnitt der Reaktionsrohre 7 auf.

[0051] Der Innendurchmesser der Kühlrohre 21 ist größer als der Innendurchmesser der Reaktionsrohre 7. Im hier dargestellten Beispiel beträgt der Innendurchmesser der Kühlrohre 21 etwa das 1,25-fache des Innendurchmessers der Reaktionsrohre 7.

[0052] Der Durchströmungsquerschnitt der Kühlrohre 21 ist jedoch jeweils geringer als der Durchströmungsquerschnitt der zugeordneten vier Reaktionsrohre 7. Dadurch wird die Strömungsgeschwindigkeit des Reaktionsgases 5 in den Kühlrohren 21 erhöht und damit der gaseitige Wärmeübergang verbessert. Aufgrund der Verbesserung des gaseitigen Wärmeübergangs kommt es zu einer schnellen Abkühlung mit einer kleinen Verweilzeit.

[0053] Ein vergrößerter Kühlrohrdurchmesser führt auch zu einer besseren Reinigungsmöglichkeit der Kühlrohre 21, da der Zugang zum Inneren der Kühlrohre 21 leichter möglich ist.

[0054] Die Rohrteilung der Kühlrohre 21 ist größer als die Rohrteilung der Reaktionsrohre 7. Auf der Mantelseite der Kühlrohre 21 ergibt sich dadurch der Vorteil eines verringerten Druckverlustes bei der Strömung des Wärmeträgers 32 durch das Kühlrohrbündel. Bei gleicher Leistung der Umwälzeinrichtung 36 ist der Wärmeträgerstrom größer bzw. die Strömungsgeschwindigkeit des Wärmeträgers 32 höher; die Wärme kann schneller und gleichmäßiger abgeführt werden.

[0055] Bei den nachfolgend beschriebenen Ausführungsbeispielen gemäß den [Fig. 3a](#), [Fig. 3b](#) und [Fig. 4a](#), [Fig. 4b](#) entspricht die Strömungsführung des Wärmeträgers 32 im Nachkühler 3 der im Mantelrohrreaktor 2. Die [Fig. 3a](#) und [Fig. 3b](#) zeigen einen Querstrom-Nachkühler 3, der einem Querstrom-Mantelrohrreaktor 2 nachgeschaltet ist. Die [Fig. 4a](#) und [Fig. 4b](#) zeigen einen Radialstrom-Nachkühler 3, der einem Radialstrom-Mantelreaktor 2 nachgeschaltet ist.

[0056] In der Ausführungsform gemäß [Fig. 3a](#) und [Fig. 3b](#) sind drei segmentförmige Umlenkbleche 35a in dem Nachkühler 3 angeordnet, die den Wärmeträger 32 insgesamt vier mal horizontal durch den gesamten Querschnitt des Kühlrohrbündels 21 vom Eintrittsstutzen 33 zum Austrittsstutzen 34 führen.

[0057] Der Wärmeträger 32 strömt nach dem Eintrittsstutzen 33 zunächst in einen auf der Außenseite des Nachkühler-Mantels 24 aufgesetzten Kasten bzw. Verteilerraum 41 ein, der mit dem Innenraum

des Nachkühlers 3 bzw. mit dem Raum 42 zwischen dem Nachkühler-Mantel 24 und der Anströmfläche 43 des Kühlrohrbündels 21 über eine Reihe von Öffnungen 44 in dem Nachkühler-Mantel 24 in Strömungsverbindung steht.

[0058] Das Kühlrohrbündel 21 hat die Querschnittsform eines Kreises mit zwei diametral einander gegenüberliegenden, längs Sekanten 45, 46 abgeschnittenen Kreissegmenten, wobei der Wärmeträger-Verteilerraum 41 einer der Sekanten 45 gegenüberliegt und seine Länge in Umfangsrichtung in etwa der Länge der Sekante 45 entspricht.

[0059] In einer in den [Fig. 4a](#) und [Fig. 4b](#) dargestellten alternativen Ausführungsform sind der Mantelrohrreaktor 2 und der Nachkühler 3 für eine radiale Strömungsführung des Wärmeträgers 32 ausgebildet. Reaktionsrohrbündel 7 und Kühlrohrbündel 21 haben in diesem Fall die Querschnittsform eines Kreises mit einem rohrfreien inneren Bereich 25. Der Wärmeträger 32 wird hier mittels einer unteren Ringleitung 47 über den gesamten Umfang des Nachkühler-Mantels 24 verteilt und strömt über ebenfalls über den gesamten Umfang verteilte Öffnungen 48 im Mantel 24 in den Innenraum ein, wo der Wärmeträger 32 durch ringförmige und scheibenförmige Umlenkbleche 35b mäanderförmig nach oben geführt wird. Durch obere, über den gesamten Umfang des Nachkühler-Mantels 24 verteilte Öffnungen 49 tritt der Wärmeträger 32 in eine obere Ringleitung 50 aus, aus der er durch einen Austrittsstutzen 34 abgeleitet wird.

[0060] In den folgenden Ausführungsbeispielen ist jeweils ein Querstrom-Nachkühler 3 einem Radialstrom-Mantelrohrreaktor 2 nachgeschaltet, d. h. die Strömungsführung des Wärmeträgers 32 im Nachkühler 3 ist eine andere als im Mantelrohrreaktor 2.

[0061] In der in den [Fig. 5a](#) und [Fig. 5b](#) dargestellten Ausführungsform eines Querstrom-Nachkühlers weisen das Reaktionsrohrbündel 7 und das Kühlrohrbündel 21 ebenfalls beide einen kreisförmigen Querschnitt mit einem rohrfreien Innenbereich 25 auf. In dieser Ausführungsform hat der Nachkühler 3 einen inneren Verdrängerzylinder 51 im rohrfreien Innenbereich 25 des Kühlrohrbündels 21. Der Durchmesser des Verdrängerzylinders 51 entspricht im wesentlichen dem Durchmesser des rohrfreien Innenbereichs 11 bzw. 25 des Reaktionsrohrbündels 7 bzw. des Kühlrohrbündels 21. Der Nachkühler 3 weist auf der Außenseite des Nachkühler-Mantels 24 aufgesetzte Verteilerräume 41 zum Zulauf bzw. Ablauf des Wärmeträgers 32 auf. Ähnlich wie bei der Ausführungsform gemäß den [Fig. 3a](#) und [Fig. 3b](#) ist auch hier eine Querdurchströmung des Kühlrohrbündels 21 mit vier Querdurchströmungen ausgebildet.

[0062] Die Umlenkbleche 35c sind segmentförmig

ausgebildet und weisen zur Umlenkung des Wärmeträgerstroms jeweils eine Randaussparung **52** in Form eines Kreisringabschnitts auf, dessen Länge im wesentlichen der des Verteilerraums **41** entspricht.

[0063] Aufgrund des Verdrängerzylinders **51** ergibt sich eine gleichmäßige Durchströmung des gesamten Nachkühlerquerschnitts.

[0064] In dem Ringraum **53** zwischen Nachkühler-Mantel **24** und Kühlrohrbündel **21** sind zwischen äußeren Kühlrohren **21a** und dem Nachkühler-Mantel **24** zur Vermeidung von Bypass-Strömen Dichtstreifen **54** angeordnet, die die äußeren Kühlrohre **21a** bei Querdurchströmung gegenüber dem Nachkühler-Mantel **24** abdichten.

[0065] Eine weitere Ausführungsform ist in den [Fig. 6a](#) bis [Fig. 6c](#) dargestellt. Wie in der Ausführungsform gemäß den [Fig. 5a](#) und [Fig. 5b](#) durchströmt der Wärmeträger **32** das Kühlrohrbündel **21** in Querrichtung und ist im rohrfreien Innenbereich **25** ein Verdrängerzylinder **51** angeordnet.

[0066] Bei dieser Ausführungsform sind der Zu- und der Ablaufstutzen **33**, **34** nicht in Achsrichtung des Nachkühlers **3** übereinander angeordnet, sondern in Umfangsrichtung versetzt angeordnet. Zum Ausgleich des Versatzes sind innerhalb des Nachkühlers **3** entsprechende Umlenkleche **55** angeordnet. Insbesondere sind zum Ausgleich von in den Endbereichen eventuell auftretenden ungleichförmigen Anströmungen Strömungsleit- und Strömungsverteilrichtungen **56**, **57** angeordnet. Letztere **57** können z.B. als Lochbleche oder Turbulenzgitter ausgebildet sein. Der Verlauf der Umlenkleche **55** kann dabei den jeweiligen Erfordernissen angepaßt werden, wie in den [Fig. 6b](#) und [Fig. 6c](#) dargestellt.

[0067] Der Vorteil dieser Bauweise ist ein kleines Bauvolumen mit vermindertem Platzbedarf sowie Gewichts- und Kostenersparnis. Ein besonderer Vorteil liegt darin, daß durch die versetzte Anordnung die Durchmesser der Zu- und Ablaufstutzen **33**, **34** einschließlich ihrer bevorzugt zylindrischen Befestigungsflansche im Verhältnis zur Länge der Kühlrohre **21** relativ groß gewählt werden können. Beispielsweise kann der Innendurchmesser der Zu- und Ablaufstutzen größer sein als 25% der Kühlrohrlänge.

[0068] Die Strömungsleit- und Strömungsverteilrichtungen **56**, **57** können in den Gassen zwischen den Kühlrohren **21** angeordnet sein, wie dies in den [Fig. 9a](#) und [Fig. 9b](#) und in den [Fig. 10a](#) und [Fig. 10b](#) mit gegenüber den [Fig. 9a](#) und [Fig. 9b](#) um 30° versetzter Anordnung dargestellt ist. Diese Anordnung von Strömungsleit- und Strömungsverteilrichtungen **56**, **57** in den Rohrgassen wird durch die vergrößerte Rohrteilung im Kühlrohrbündel **21** möglich. Ein besonderer Vorteil dieser Anordnung ist, daß

hierfür keine bzw. nur wenige Kühlrohre entfallen müssen, wie in den [Fig. 9a](#) und [Fig. 9b](#) bzw. [Fig. 10a](#) und [Fig. 10b](#) dargestellt. Die Gleichmäßigkeit der Wärmeströmung wird somit nicht gestört.

[0069] Der Verlauf der Randaussparung **58** der segmentförmigen Umlenkleche **35d** folgt dem Verlauf der vertikalen Strömungsleitbleche **56**.

[0070] Bei der in [Fig. 7a](#) dargestellten Ausführungsform sind der Zu- und der Ablaufstutzen **33**, **34** unmittelbar übereinander angeordnet. Die Strömungsführung des Wärmeträgers **32** quer durch das Kühlrohrbündel **21** entspricht der der Ausführungsform gemäß [Fig. 6a](#).

[0071] Das Umlenklech **55a** und das Strömungsleitblech **56a** im Eintritts- und im Austrittsbereich des Wärmeträgers **32** verlaufen hier gerade, da kein Versatz ausgeglichen werden muß. Die Verteilung des Wärmeträgers **32** erfolgt durch horizontal verlaufende Lochbleche **57a**. Die Randaussparung **59** der segmentförmigen Umlenkleche **35e** erstreckt sich etwas in das Kühlrohrbündel **21** hinein. Der Ringraum **53** zwischen den radial äußeren Kühlrohren **21a** und dem Nachkühler-Mantel **24** ist durch Dichtstreifen **54** abgedichtet.

[0072] Der Nachkühler **3** kann in der Weise weiter optimiert werden, daß eine weitere Unterteilung des quer durchströmten Kühlrohrbündels **21** mit weiteren segmentförmigen Umlenklechen erfolgt. Dies führt zu einer weiteren Verringerung des Wärmeträgerbedarfs.

[0073] [Fig. 8](#) zeigt eine der [Fig. 7a](#) ähnliche Zu- und Ableitung sowie Stromführung des Wärmeträgers **32**. In dieser Ausführungsform sind der Zulaufstutzen **33** und der Ablaufstutzen **34** in vertikaler Richtung mit Abstand übereinander angeordnet.

[0074] Die Zulauf- und Ablaufleitungen **60**, **61** für den Wärmeträger **32** sind durch lösbare Verbindungen, vorzugsweise Flanschverbindungen **62**, an den Zulauf- bzw. an den Ablaufstutzen **33**, **34** angeschlossen. Wenn diese Flanschverbindungen **62** gelöst sind, kann der Nachkühler **3** vom Mantelrohrreaktor **2** leicht getrennt werden.

[0075] Der Wärmeträger **32** wird durch ein vertikal verlaufendes Strömungsleitblech **56** und fünf horizontal verlaufende segmentförmige Umlenkleche **35e** mäanderförmig sechs mal quer durch das Kühlrohrbündel **21** vom Zulaufstutzen **33** zum Ablaufstutzen **34** geführt.

[0076] Bei dem in [Fig. 8](#) dargestellten Ausführungsbeispiel ist der Flansch **30a** des Nachkühlers **3** als Integralflansch mit konischem Übergang von Flanschblatt **63** zum Nachkühler-Mantel **24** ausgeführt. Aus

konstruktiven Gründen kann hierdurch der Mantel **24** des Nachkühlers **3** einen kleineren Außendurchmesser aufweisen als der Mantel **10** des Mantelrohrreaktors **3**. Hieraus ergibt sich der Vorteil, daß der Ringraum **53** zwischen Kühlrohrbündel **21** und Nachkühler-Mantel **24** verkleinert werden kann. Für die Verteilung des Wärmeträgers **32** beim Eintritt in den Nachkühler **3**, zum axialen Transport von einem Kühlrohrbündelabschnitt zum anderen und zur Sammlung zum Ablaufstutzen **34** ist er noch groß genug. Der in Strömungsrichtung seitlich gelegene unerwünschte Ringraum **53**, der durch Dichtstreifen **54** abgetrennt werden muß, wird jedoch verkleinert.

[0077] Um die Gleichmäßigkeit der Verteilung des aus den Reaktionsrohren **7** austretenden Reaktionsgases **5** auf den Nachkühlerquerschnitt zu verbessern, sind in einem Zwischenraum **64** zwischen dem unteren Rohrboden **9** des Mantelrohrreaktors **2** und dem oberen Rohrboden **22** des Nachkühlers **3** Strömungsleiteinrichtungen **65** und Einbauten **66**, insbesondere ein Vergleichmäßigungsgitter, ausgebildet.

[0078] Zur Erleichterung von Wartung und Reinigung ist der Nachkühler **3** mit dem Mantelrohrreaktor **2** gemäß den [Fig. 11a](#) und [Fig. 11b](#) lösbar verbunden. Durch eine Vorrichtung **67** zum Absenken und Anheben kann der Nachkühler **3** vom Mantelrohrreaktor **2** getrennt bzw. wieder mit diesem verbunden werden.

[0079] Gemäß [Fig. 11a](#) ist eine Vorrichtung zum Absenken und Wiederanheben des Nachkühlers in Form von Hubzylindern **68** ausgebildet, die direkt zwischen Mantelrohrreaktor **2** und Nachkühler **3** angebracht sind.

[0080] Gemäß [Fig. 11b](#) sind unterhalb des Nachkühlers Hubvorrichtungen angebracht, die beispielsweise in Form von Scherengittern **69** ausgebildet sein können.

[0081] Die Vorrichtungen **67** zum Absenken und Wiederanheben des Nachkühlers **3** können beispielsweise spindelbetriebene oder hydraulische Vorrichtungen sein.

[0082] Die lösbare Verbindung zwischen Mantelrohrreaktor **2** und Nachkühler **3** in Verbindung mit einer Vorrichtung **67** zum Absenken und Wiederanheben des Nachkühlers **3** ermöglicht eine gute Zugänglichkeit der Kühlrohre **21**, die deren Wartungs- und Reinigungsmöglichkeiten weiter verbessert.

Patentansprüche

1. Reaktorordnung zur Durchführung katalytischer Gasphasenreaktionen, mit einem Mantelrohrreaktor, der ein von einem Mantel umgebenes Rohrbündel mit einer Anzahl katalysatorgefüllter Reakti-

onsrohre aufweist, wobei das Reaktionsrohrbündel senkrecht zur Längsachse der Reaktionsrohre eine berohrte Querschnittsfläche belegt, und mit einem separaten, direkt nachgeschalteten Nachkühler, der ein von einem Mantel umgebenes Rohrbündel mit Kühlrohren aufweist, deren Anzahl geringer ist als die der Reaktionsrohre, wobei das Kühlrohrbündel senkrecht zur Längsachse der Kühlrohre ebenfalls eine berohrte Querschnittsfläche belegt, **dadurch gekennzeichnet**, daß die berohrte Querschnittsfläche (**27**) im Nachkühler (**3**) im wesentlichen deckungsgleich ist mit der (**26**) im Mantelrohrreaktor (**2**) und daß beide berohrte Querschnittsflächen (**26**, **27**) in eine Vielzahl paarweise einander gegenüberliegender und paarweise gleich großer Teilflächen (**39**, **40**) mit im wesentlichen gleichem Verhältnis von Durchströmungsquerschnitt der Kühlrohre (**21**) zum Durchströmungsquerschnitt der Reaktionsrohre (**7**) unterteilbar sind.

2. Reaktorordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Kühlrohranzahl zwischen 1/10 und 9/10 der Reaktionsrohranzahl beträgt.

3. Reaktorordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Kühlrohranzahl zwischen 1/5 und 1/2 der Reaktionsrohranzahl beträgt.

4. Reaktorordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Mantelrohrreaktor (**2**) einen das Reaktionsrohrbündel (**7**) umgebenden zylindrischen Mantel (**10**) und der Nachkühler (**3**) einen das Kühlrohrbündel (**21**) umgebenden zylindrischen Mantel (**24**) aufweist, wobei der Manteldurchmesser des Nachkühlers (**3**) kleiner ist als der Manteldurchmesser des Mantelrohrreaktors (**2**).

5. Reaktorordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß im Zwischenraum (**64**) zwischen Mantelrohrreaktor (**2**) und Nachkühler (**3**) Strömungsleiteinrichtungen (**65**) angeordnet sind.

6. Reaktorordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß im Zwischenraum (**64**) zwischen Mantelrohrreaktor (**2**) und Nachkühler (**3**) Einbauten (**66**) zur Strömungsvergleichmäßigung angeordnet sind.

7. Reaktorordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Innendurchmesser der Kühlrohre (**21**) mindestens gleich dem Innendurchmesser der Reaktionsrohre (**7**) ist.

8. Reaktorordnung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Innendurchmesser der Kühlrohre (**21**) zwischen dem 1,1-fachen bis 3-fachen des Innendurchmessers der Reaktionsrohre (**7**) liegt.

9. Reaktorordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Gesamtdurchströmungsquerschnitt aller Kühlrohre (21) kleiner ist als der Gesamtdurchströmungsquerschnitt aller Reaktionsrohre (7).

10. Reaktorordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß ein Wärmeträger (32) das Kühlrohrbündel (21) radial durchströmt.

11. Reaktorordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß ein Wärmeträger (32) das Kühlrohrbündel (21) quer durchströmt.

12. Reaktorordnung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Reaktionsrohrbündel (7) einen unberohrten inneren Bereich (11) und der Nachkühler (3) einen inneren Verdrängerkörper (51) aufweist, dessen Querschnittsabmessungen im wesentlichen den Querschnittsabmessungen des unberohrten inneren Bereichs (11) des Reaktionsrohrbündels (7) entsprechen.

13. Reaktorordnung nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß im Kühlrohrbündel (21) mindestens 2 Querstromwege ausgebildet sind.

14. Reaktorordnung nach einem der Ansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß beim Nachkühler (3) die lichte Höhe der Zu- und Ablaufstutzen (33, 34) für den Wärmeträger (32) größer ist als 25% der Kühlrohrlänge.

15. Reaktorordnung nach einem der Ansprüche 11 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß Strömungsleit- und Strömungsverteilerinrichtungen (56, 57) zur gleichmäßigeren Zu- und Abführung des Wärmeträgers (32) zu bzw. von den Querstromzonen im Inneren des Kühlrohrbündels (21) angeordnet sind.

16. Reaktorordnung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Strömungsleit- und die Strömungsverteilerinrichtungen (56, 57) im wesentlichen in Gassen zwischen den Kühlrohrreihen liegen.

17. Reaktorordnung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Strömungsverteilerinrichtungen (57) Lochbleche oder Turbulenzgitter aufweisen.

18. Reaktorordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß der Nachkühler (3) über einen vom Mantelrohrreaktor (2) unabhängigen Wärmeträgerkreislauf verfügt.

19. Reaktorordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß beim

Nachkühler (3) die Zu- und Ablaufstutzen (33, 34) für einen Wärmeträger (32) in Achs- und in Umfangsrichtung zueinander versetzt angeordnet sind.

20. Reaktorordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß der Nachkühler (3) lösbar mit dem Mantelrohrreaktor (2) verbunden ist.

21. Reaktorordnung nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß der Nachkühler (3) mit einer Vorrichtung (67) zum Absenken und Wiederanheben ausgestattet ist.

22. Reaktorordnung nach Anspruch 20 oder 21, dadurch gekennzeichnet, daß an den Nachkühler (3) eine Einheit, die Pumpen (36), Kühler (37) und Regeleinheit aufweist, lösbar angeschlossen ist.

23. Verwendung einer Reaktorordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 22 für Oxidations-, Hydrierungs-, Dehydrierungs-, Nitrierungs-, Alkylierungsprozesse.

24. Verwendung einer Reaktorordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 22 für die Herstellung von Ketonen, Methylisobutylketon, Mercaptan, Isopren, Anthrachinon, o-Kresol, Furfural, Acetylen, Vinylacetat, Isopropylchlorid, Naphtalsäureanhydrid, Vinylchlorid, Oxoalkohol, Styrol, Polyphenylenoxid, Dimethylphenol, Pyridinaldehyd, hydriertem Nitrilkautschuk, Alphaolefinen, Vitamin B6, Blausäure, Anilin, Difluormethan, 4-Methyl-2-Pentanon, Tetrahydrofuran und die

- Oxidation von Dimethylbenzolen (m,o,p) zu den entsprechenden Mono- und Dialdehyden,
- Oxidation von Dimethylbenzolen (m,o,p) zu den entsprechenden Mono- und Dicarbonsäuren bzw. deren Anhydriden,
- Oxidation von Trimethylbenzolen zu den entsprechenden Mono-, Di- und Trialdehyden,
- Oxidation von Trimethylbenzolen zu den entsprechenden Mono-, Di- und Tricarbonsäuren bzw. deren Anhydriden,
- Oxidation von Durol zu Pyromellithsäureanhydrid,
- Oxidation von gamma- bzw. beta-Picolin zu gamma- bzw. beta-Picolincarbaldehyd,
- Oxidation von gamma- bzw. beta-Picolin zu Isonicotinsäure bzw. Nicotinsäure,
- Oxidation von Propen zu Acrolein,
- Oxidation von Acrolein zu Acrylsäure,
- Oxidation von Propan zu Acrolein,
- Oxidation von Propan zu Acrylsäure,
- Oxidation von Butan zu Maleinsäureanhydrid,
- Oxidation von Raffinat zu Maleinsäureanhydrid,
- Oxidation von i-Buten zu Methacrolein,
- Oxidation von Methacrolein zu Methacrylsäure,
- Oxidation von Methacrolein zu Methylmethacrylat,
- Oxidation von i-Butan zu Methacrolein,
- Oxidation von i-Butan zu Methacrylsäure,

- Ammonoxidation von Dimethylbenzolen (m,o,p) zu den entsprechenden Mono- und Dinitrilen,
- Ammonoxidation von Trimethylbenzolen zu den entsprechenden Mono- und Di- bzw. Trinitrilen,
- Ammonoxidation von Propan zu Acrylnitril,
- Ammonoxidation von Propen zu Acrylnitril,
- Ammonoxidation von beta-Picolin zu 3-Cyanopyridin,
- Ammonoxidation von gamma-Picolin zu 4-Cyanopyridin,
- Oxidation von Methanol zu Formaldehyd,
- Oxidation von Naphthalin und/oder O-Xylol, ggf. im Mischbetrieb, zu Phthalsäureanhydrid,
- Oxidation von Ethan zu Essigsäure,
- Oxidation von Ethanol zu Essigsäure,
- Oxidation von Geraniol zu Citral,
- Oxidation von Ethen zu Ethylenoxid,
- Oxidation von Chlorwasserstoff zu Chlor,
- Oxidation von Glykol zu Glyoxal und
- Hydrierung von Maleinsäureanhydrid zu Butandiol.

Es folgen 11 Blatt Zeichnungen

Fig. 1

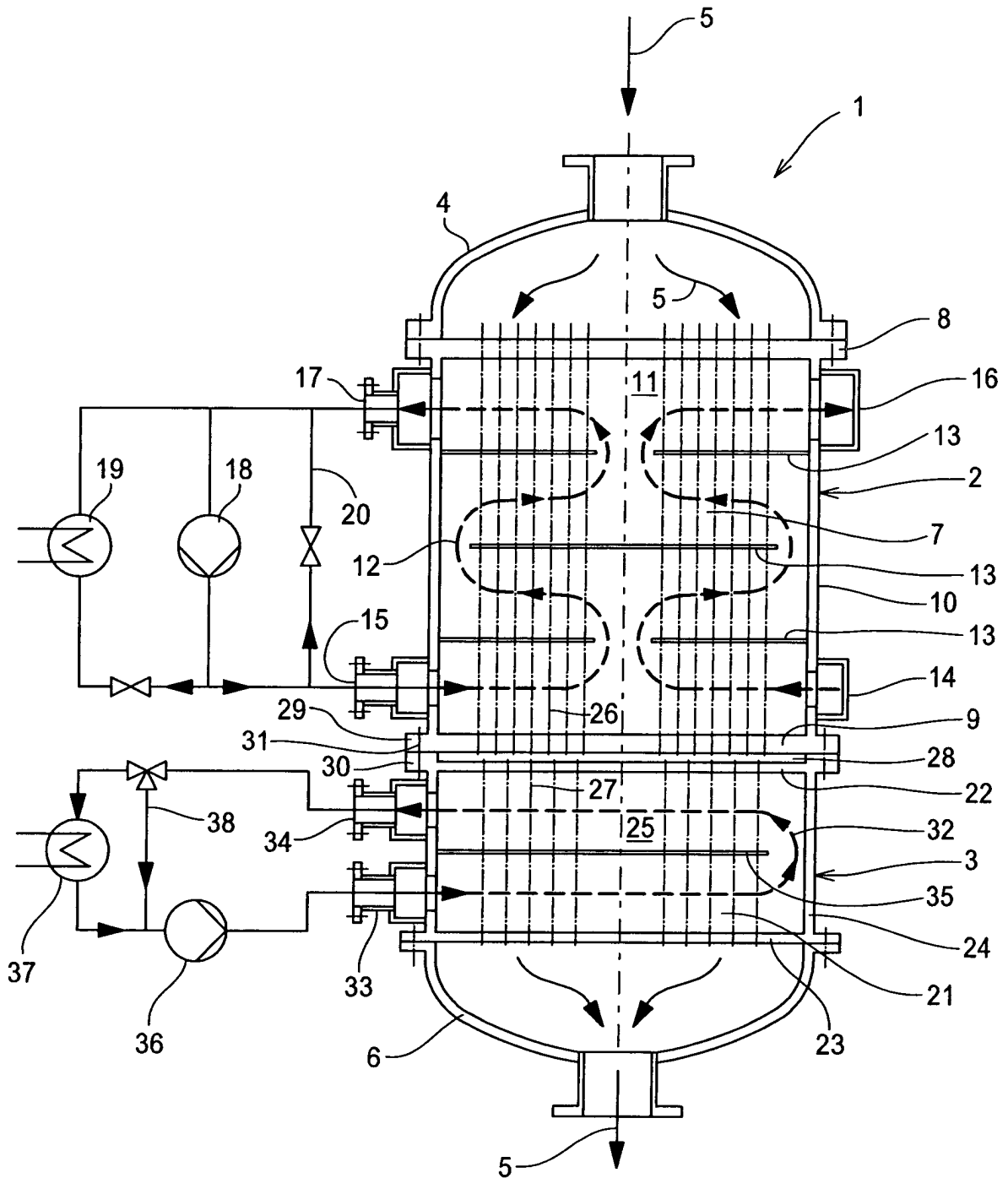


Fig. 2a

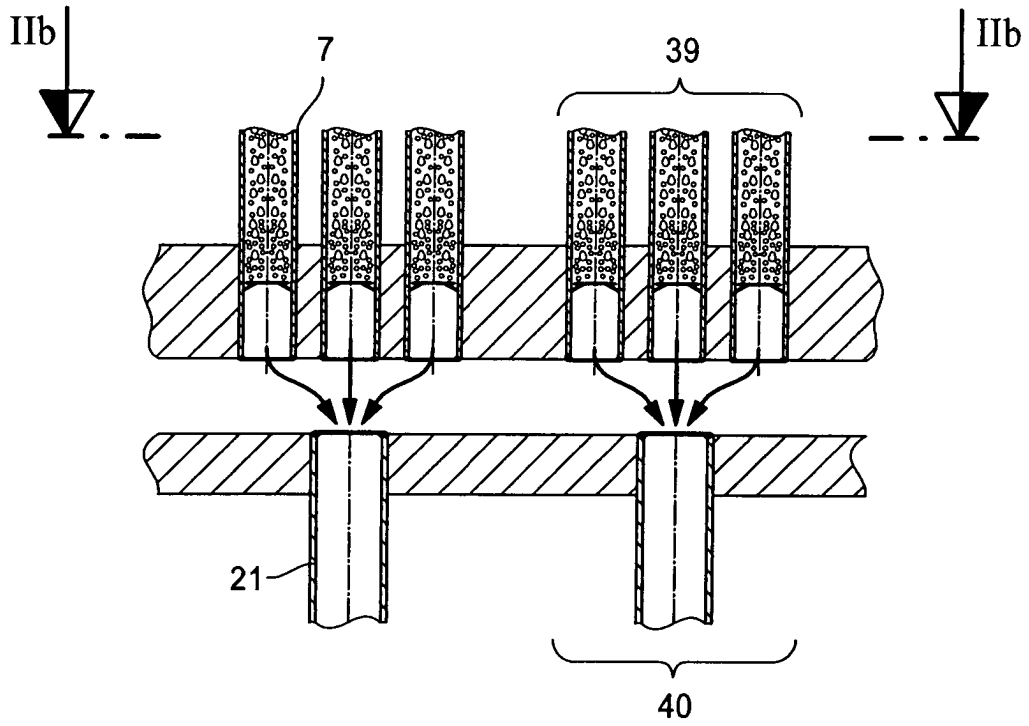


Fig. 2b

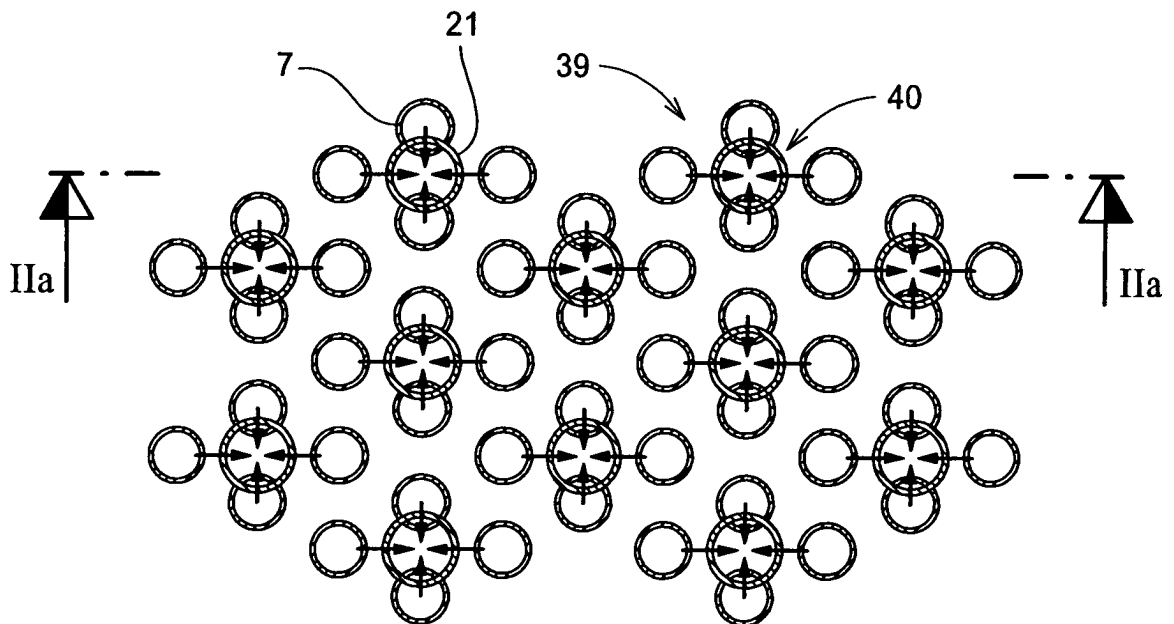


Fig. 3a

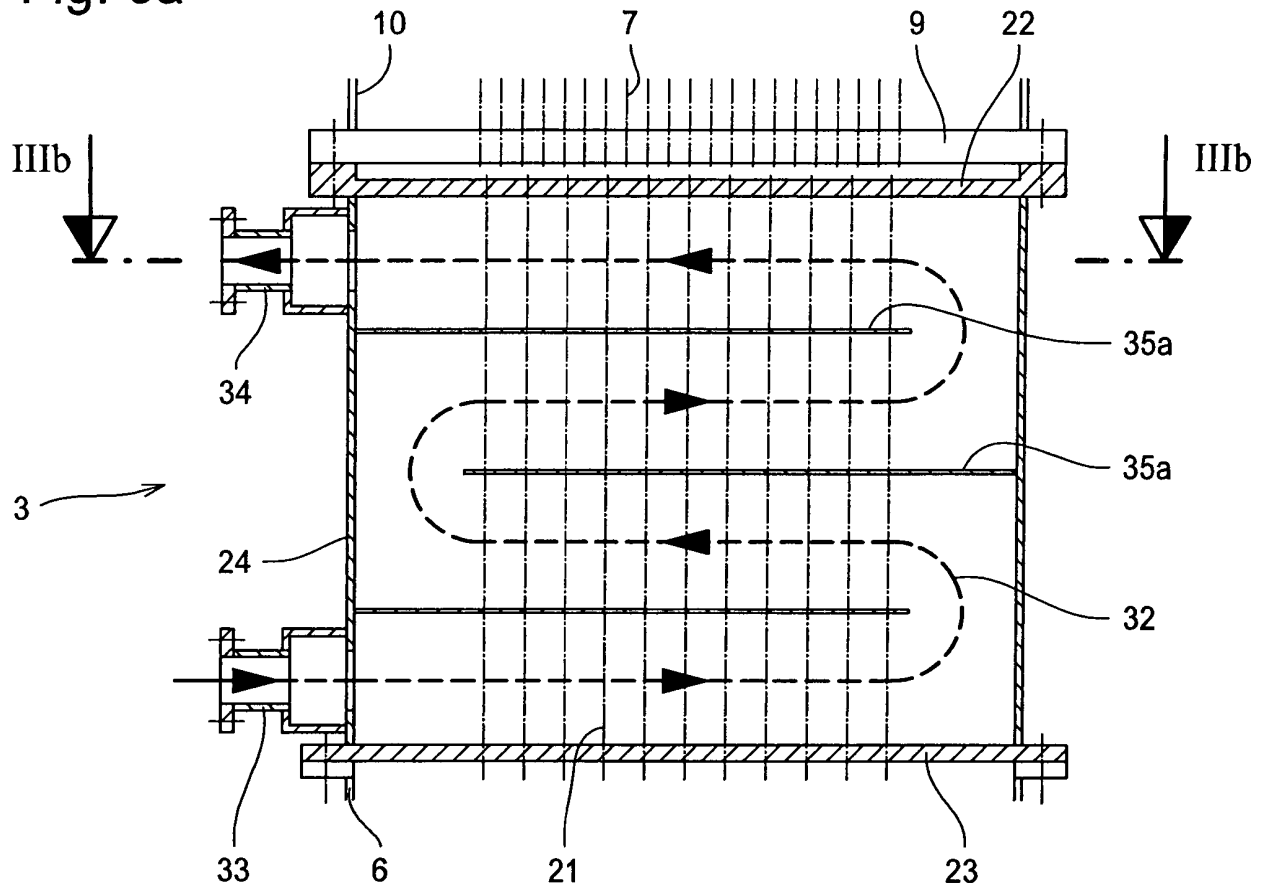


Fig. 3b

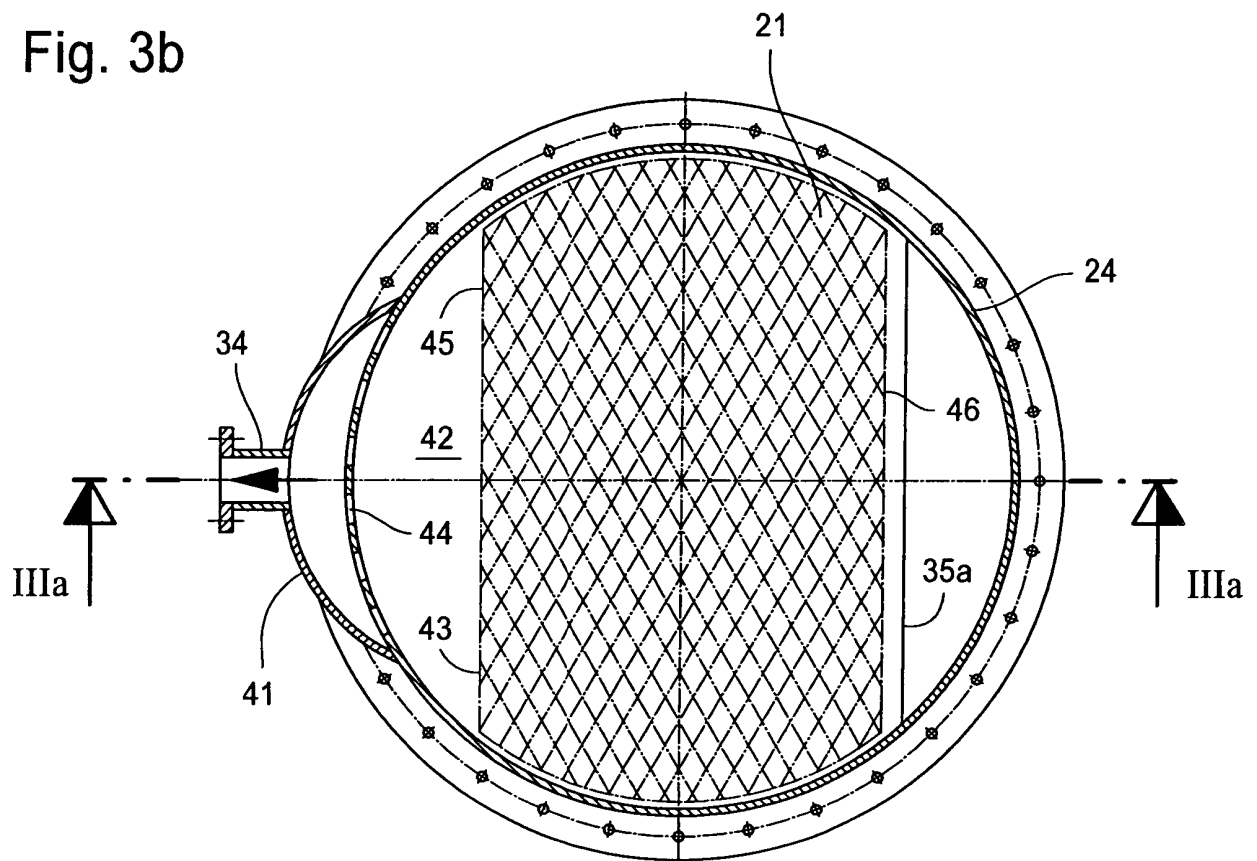


Fig. 4a

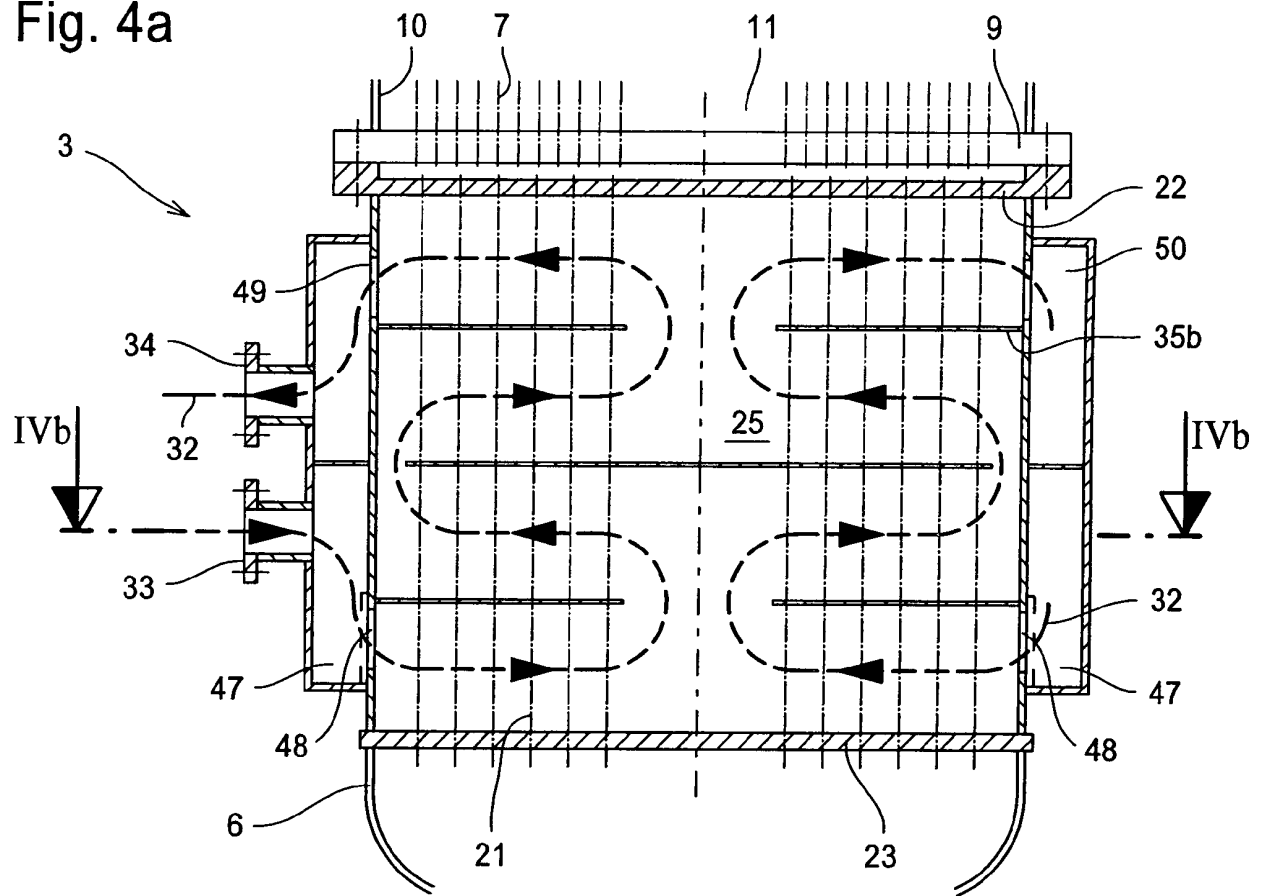


Fig. 4b

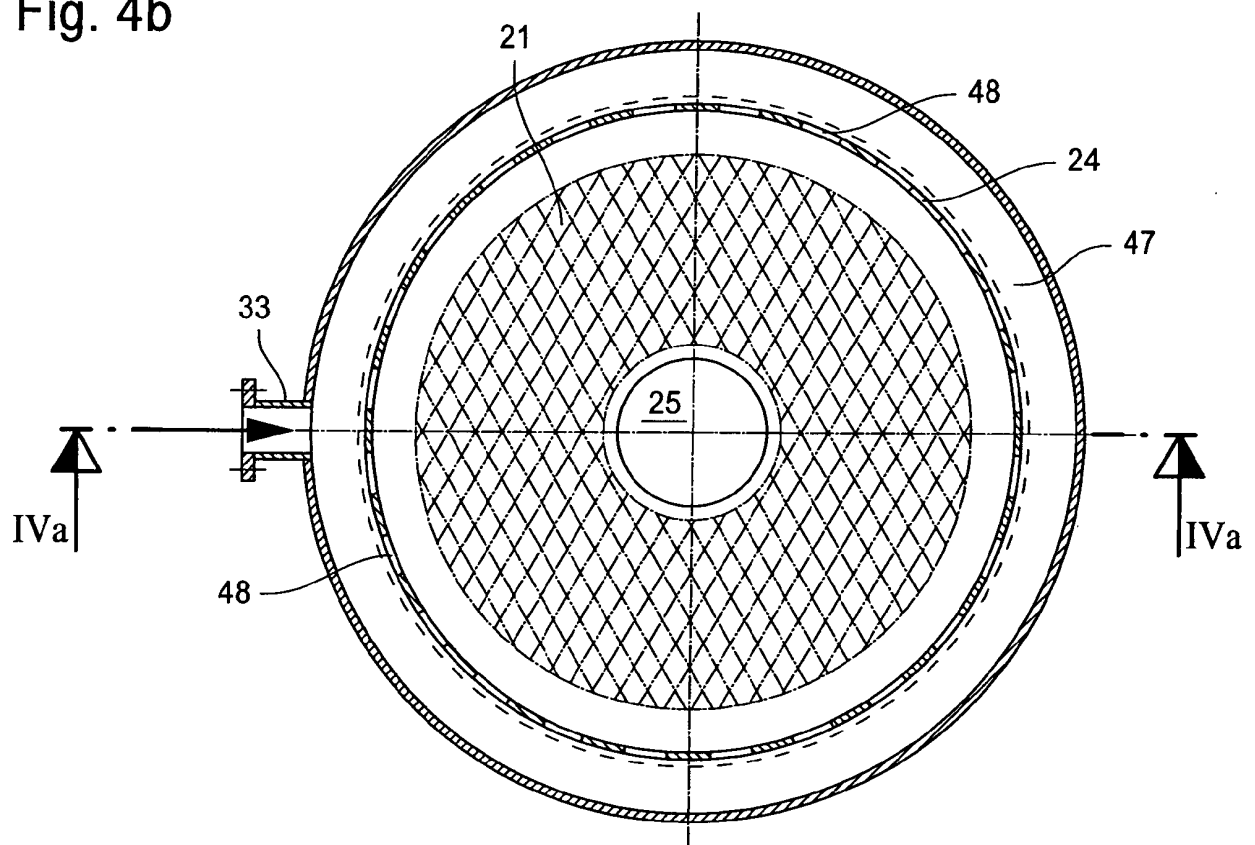


Fig. 5a

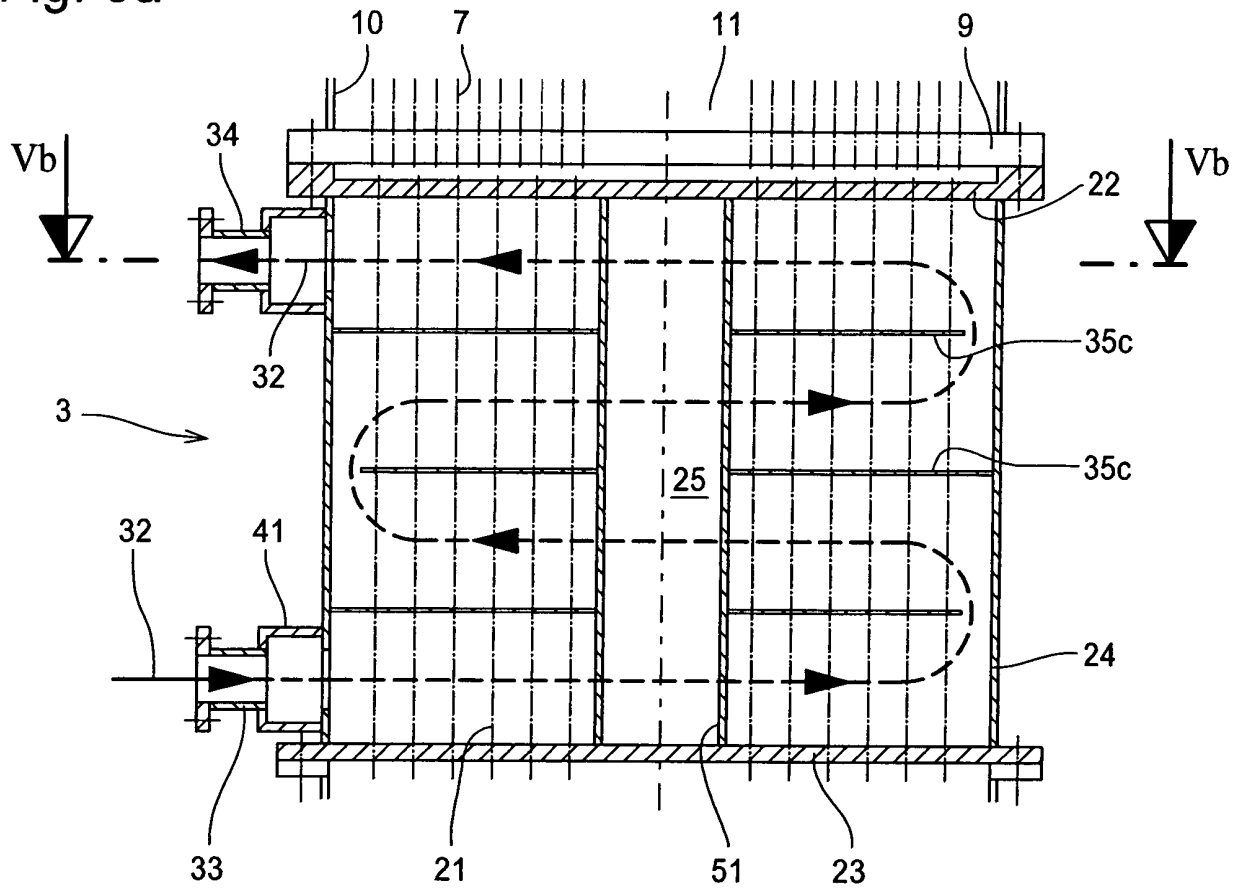


Fig. 5b

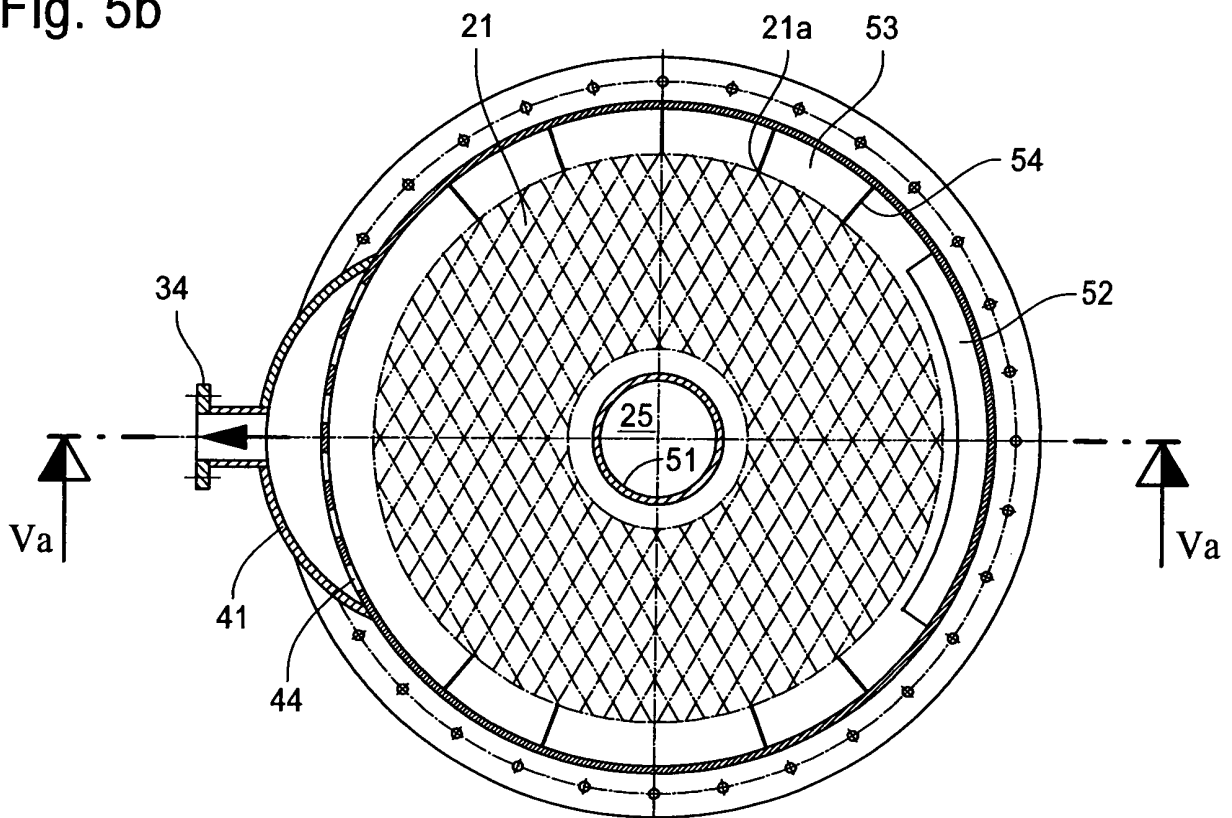


Fig. 6a

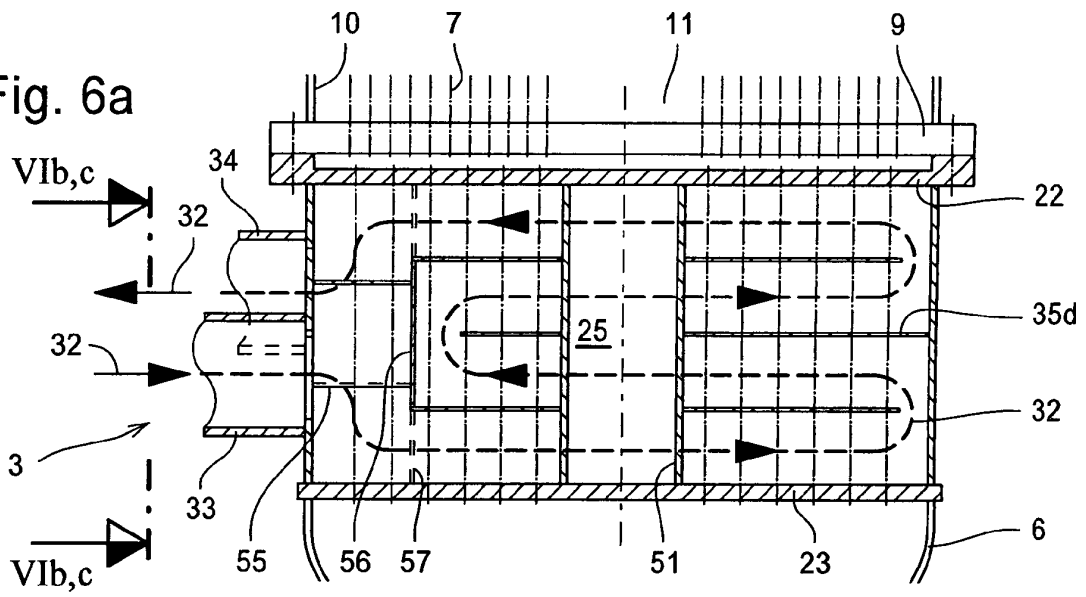


Fig. 6b

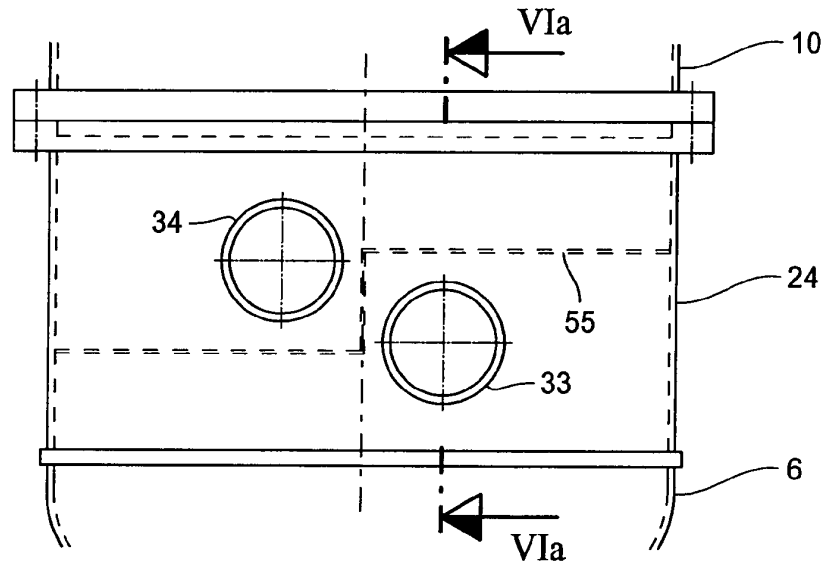


Fig. 6c

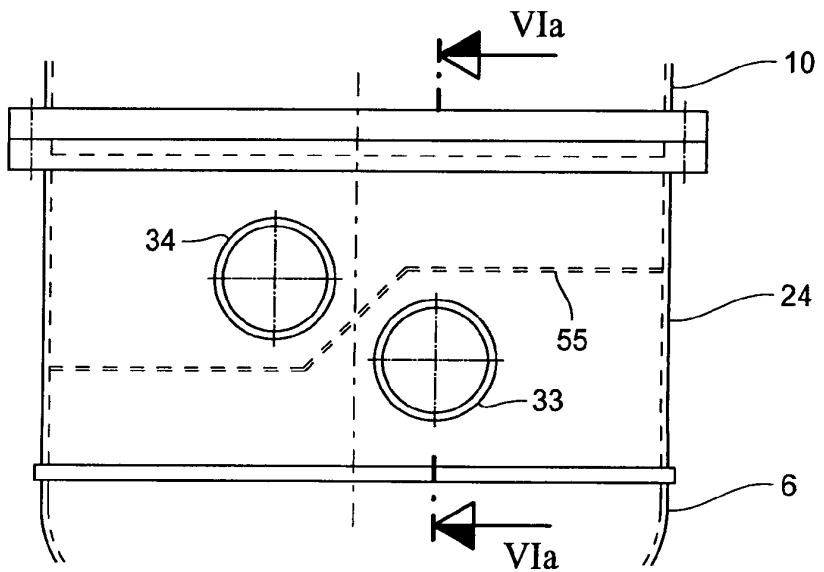


Fig. 7a

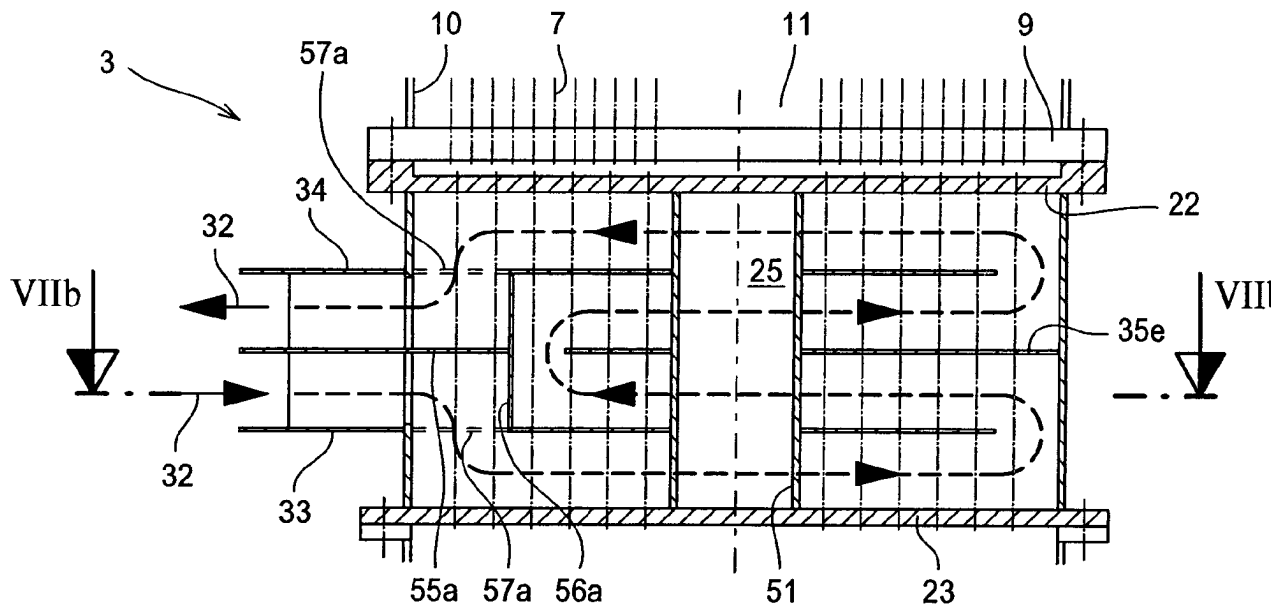


Fig. 7b

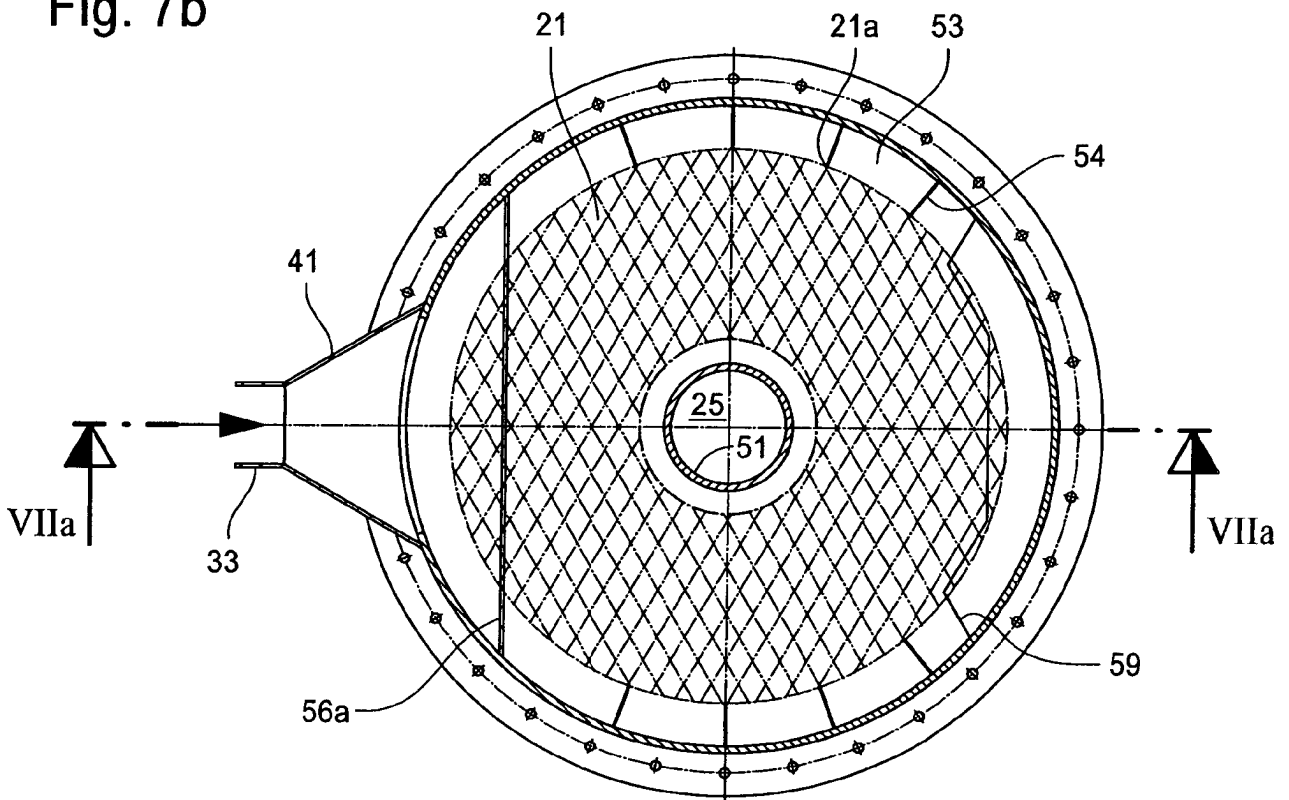


Fig. 8

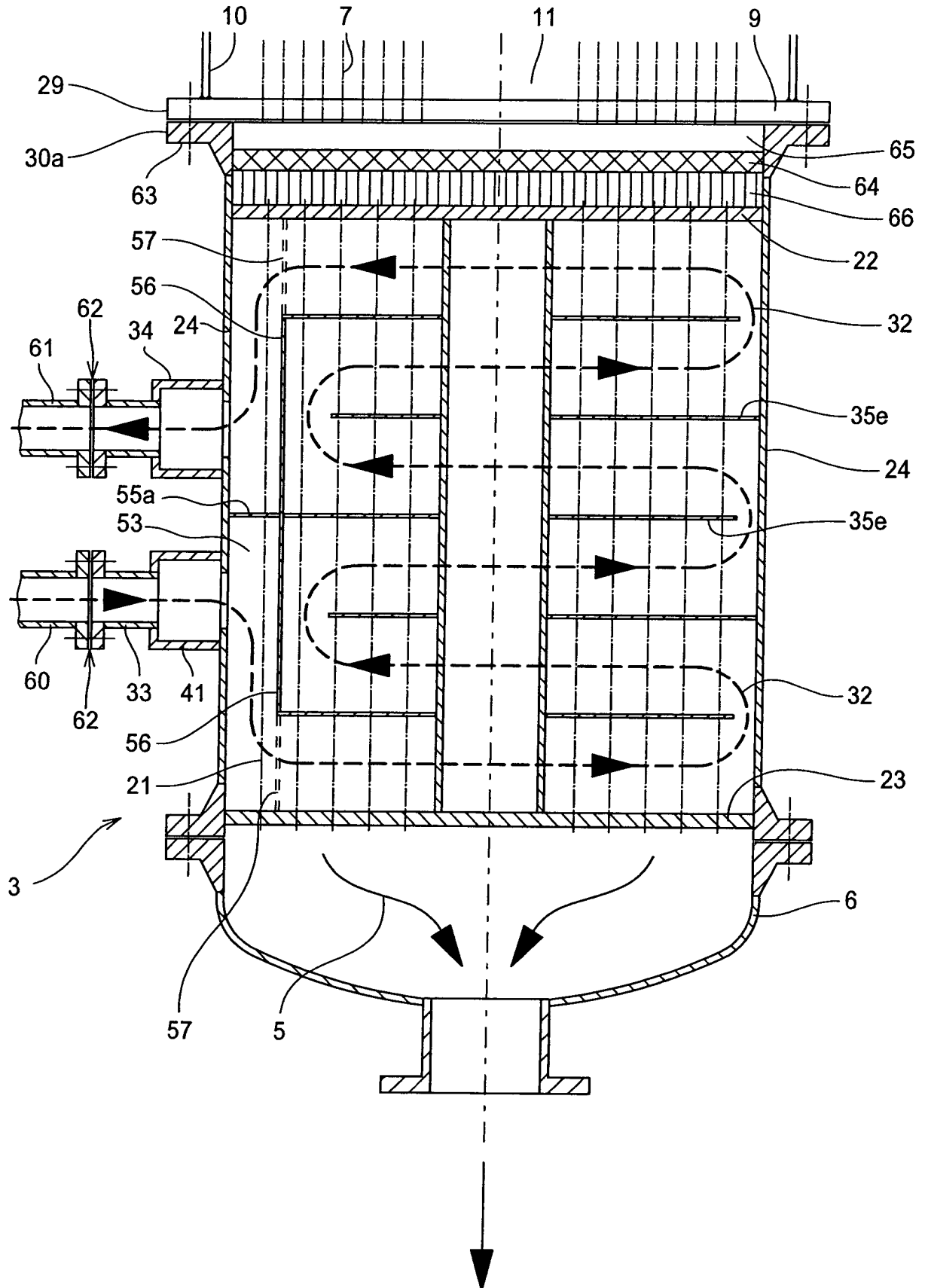


Fig. 9a

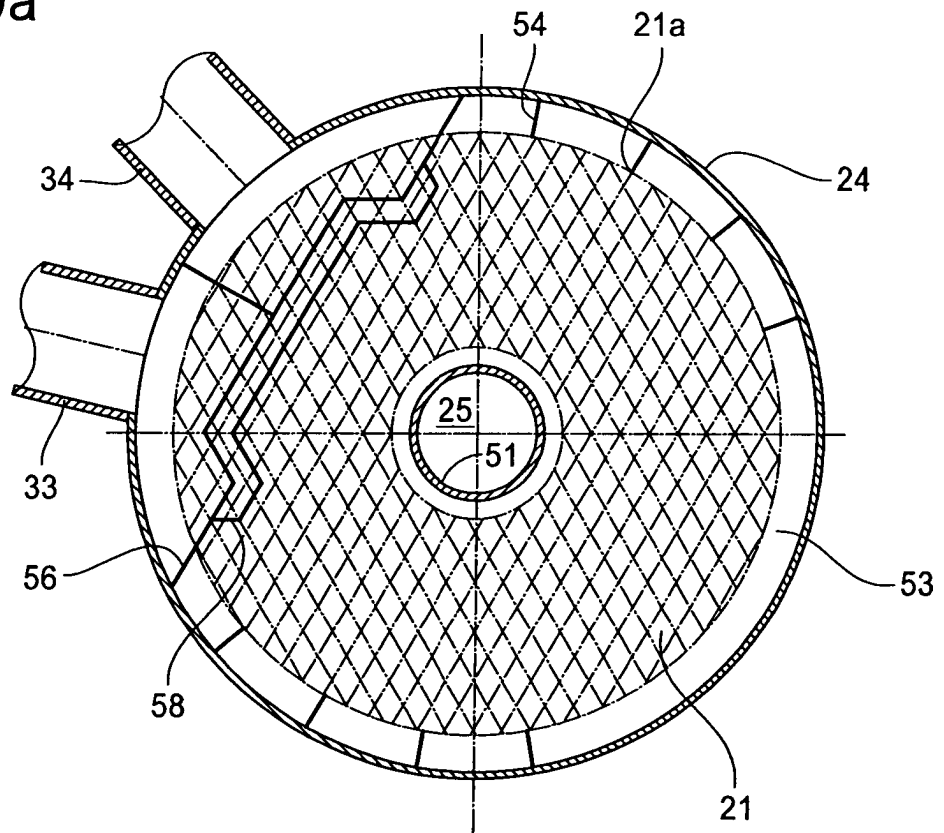


Fig. 9b

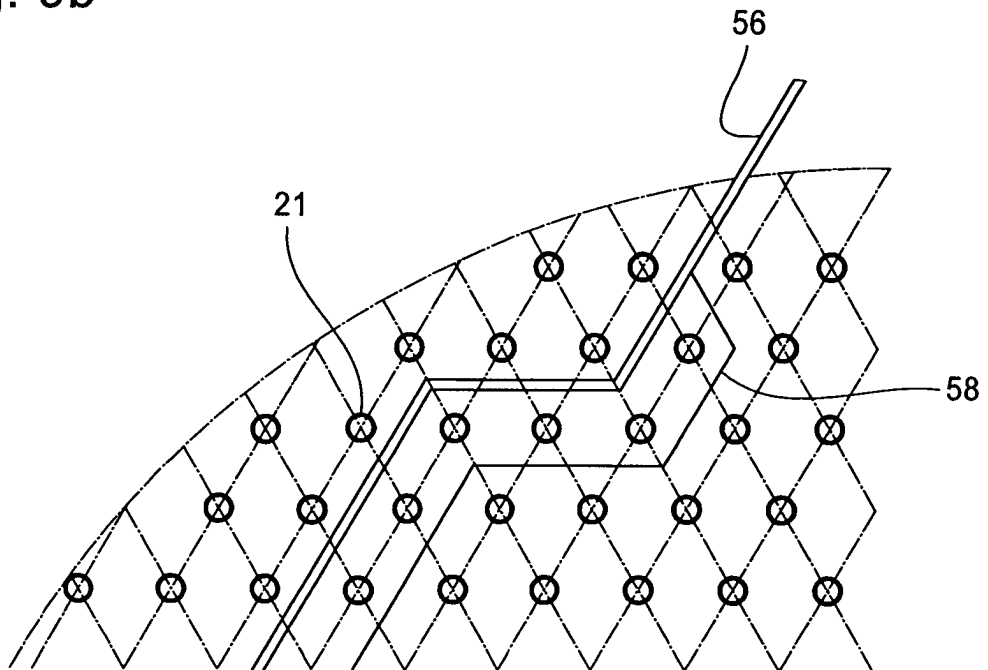


Fig. 10a

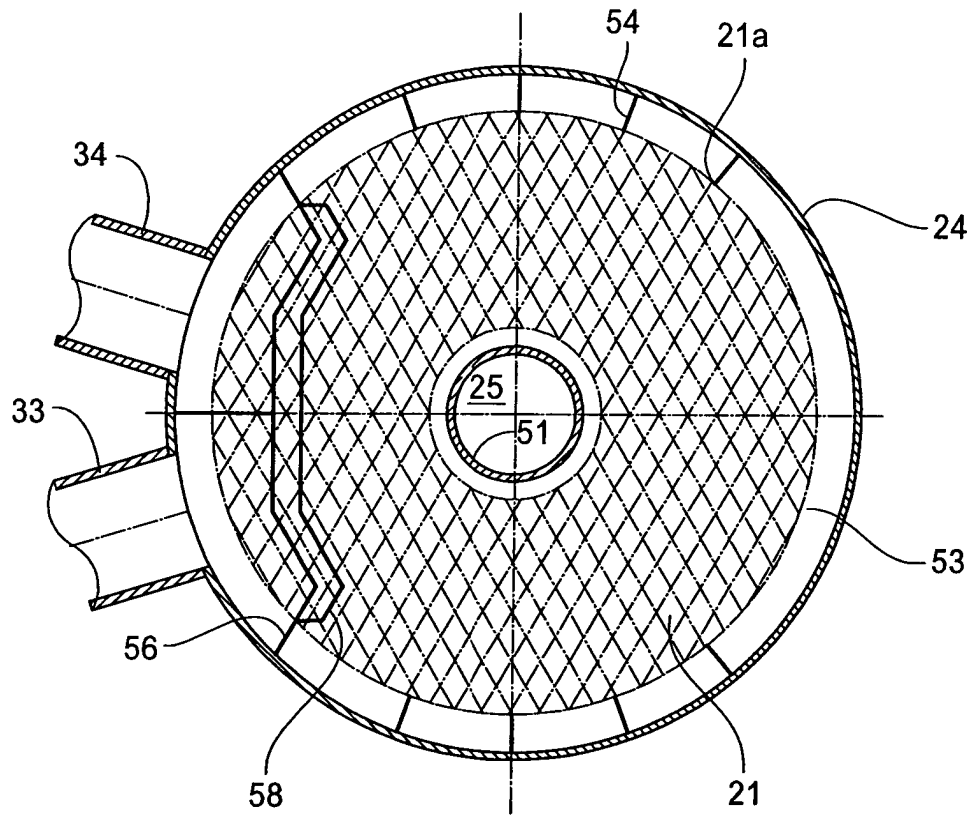


Fig. 10b

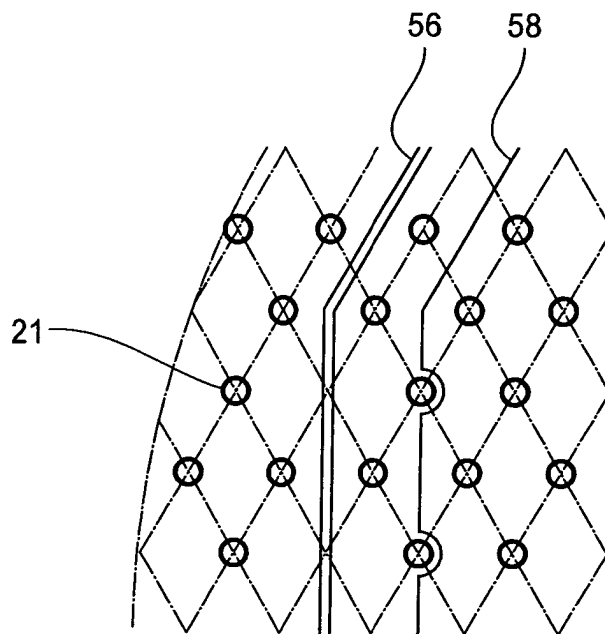


Fig. 11a

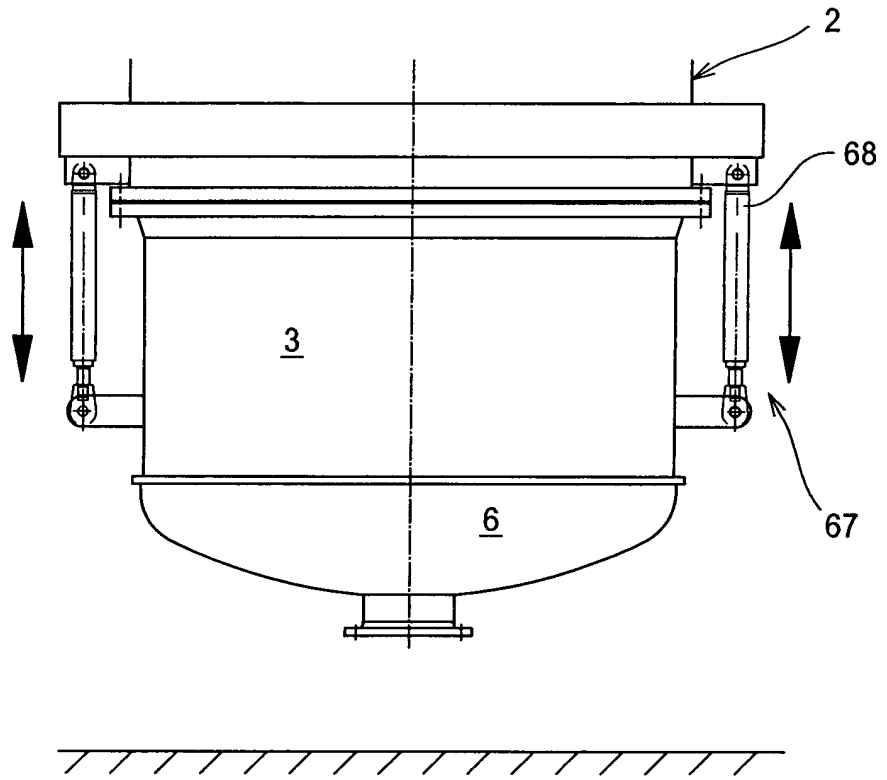


Fig. 11b

